

MODIFIKASI SILIKA GEL SEKAM PADI DENGAN 8-HIDROKSIQUINOLIN SEBAGAI ADSORBEN Ni(II) DALAM MEDIUM AIR

MODIFICATION of RICE HUSK SILICA GEL WITH 8-HYDROXYQUINOLINE as AN ADSORBENT Ni(II) in AQUEOUS MEDIUM

Rahmad Djatmiko^{a*} dan Amaria^a

^a Jurusan Kimia, FMIPA-Universitas Negeri Surabaya

*Koresponden: email:radja_ususem@yahoo.co.id

Abstrak. Penelitian adsorpsi terhadap Ni(II) oleh hibrida silika gel sekam padi hidroksi quinolin (SGSPHQ) telah dilakukan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui gugus fungsional adsorben SGSPHQ, pH optimum adsorpsi, dan kapasitas adsorpsi SGSPHQ. Penelitian ini mengikuti rancangan eksperimental. Parameter-parameter yang diteliti adalah 1) identifikasi gugus fungsional SGSPHQ; 2) penentuan pH optimum adsorpsi; dan 3) penentuan kapasitas adsorpsi. Identifikasi gugus fungsional adsorben SGSPHQ dilakukan secara spektroskopi inframerah (IR). Konsentrasi Ni(II) di dalam larutan diukur menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Kapasitas adsorpsi (b) dianalisis dengan model isotherm adsorpsi Langmuir dan Freundlich.

Hasil-hasil penelitian yang diperoleh adalah: 1) identifikasi spektroskopi inframerah SGSPHQ menunjukkan bahwa terdapat beberapa daerah serapan karakteristik dari silika gel, aminopropiltriethoksisilan dan formil-8-hidroksi quinolin. Bilangan gelombang $1095,7\text{ cm}^{-1}$; $3389,3\text{ cm}^{-1}$; $1614,9\text{--}1470\text{ cm}^{-1}$; dan 1150 cm^{-1} masing-masing menunjukkan gugus fungsional Si-O-Si, -OH fenolik, N-heterosiklik aromatik, dan Si-O-C₂H₅; 2) adsorpsi Ni(II) oleh SGSPHQ terjadi secara maksimum pada pH 7 sebesar 3,6352 mg/g, sedangkan oleh SGSP terjadi adsorpsi maksimum pada pH 5 sebesar 0,6591 mg/g, 3) Kapasitas adsorpsi (b) SGSPHQ dan SGSP terhadap Ni(II) masing-masing sebesar $1,3440 \times 10^{-4}\text{ mol/g}$ dan $1,2545 \times 10^{-4}\text{ mol/g}$, mengikuti isotherm adsorpsi Langmuir.

Kata Kunci: Adsorpsi, silika gel sekam padi, 8-hidroksi quinolin, Ni(II)

Abstract. The study of adsorption of Ni(II) by silica gel rice husk hidroksi quinolin hybrid (SGSPHQ) has been performed. The purpose of this study to determine the functional groups, pH optimum adsorption, and adsorption capacity of adsorbent SGSPHQ. This study followed the experimental design. The parameters studied were 1) the identification of functional groups SGSPHQ, 2) determination of optimum pH of adsorption, and 3) the determination of adsorption capacity. Identification of functional groups of the adsorbent SGSPHQ carried by infrared spectroscopy. Concentration of Ni(II) in solution was measured using Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). Adsorption capacity (b) were analyzed by the adsorption isotherm models of Langmuir and Freundlich.

The results were observed that: 1) Infrared spectra of SGSPHQ show that many specific wave number of silica gel, aminopropyltriethoxysilane and formil-8-hydroxyquinoline. Wave number for each functional groups were $1095,7\text{ cm}^{-1}$; $3389,3\text{ cm}^{-1}$; $1614,9\text{--}1470\text{ cm}^{-1}$; dan 1150 cm^{-1} for Si-O-Si, -OH phenolic, N-aromatic heterocyclic, and Si-O-C₂H₅ respectively. ; 2) maximum adsorption Ni(II) was occurred at pH 7 by SGSPHQ, equal to 3,6352 mg/g, while by SGSP was accured at pH 5, equal to 0,6591 mg/g, 3) The value of adsorption capacity (b) on SGSPHQ was $1,3440 \times 10^{-4}\text{ mol/g}$, while those on SGSP was $1,2545 \times 10^{-4}\text{ mol/g}$ respectively, following Langmuir adsorption isotherm.

Keywords: adsorption, rice husk silica gel, 8-hydroxyquinoline, Ni(II)

PENDAHULUAN

Sekam padi adalah kulit biji padi yang sudah digiling. Sekitar 20% dari bobot padi adalah sekam padi dan kurang lebih 15% dari komposisi sekam adalah abu sekam yang selalu dihasilkan setiap kali sekam dibakar [1].

Komponen organik sekam padi terdiri dari protein, lemak, senyawa nitrogen, serat, pentosa, selulosa dan lignin, sedangkan komponen anorganik mengandung sebagian silika dengan sedikit oksida dari alkali dan alkali tanah seperti Na₂O, CaO dan MgO,

dimana logam-logam tersebut dapat dilarutkan dengan asam [2].

Kalapathy, *et al.* (2002)[3] telah mengembangkan metode untuk memperoleh silika dan membuat silika gel dari abu sekam padi dengan diperoleh kadar silika sebesar 89-91%. Silika gel sekam padi merupakan padatan anorganik yang mempunyai banyak situs aktif berupa silanol (Si-OH) dan siloksan (Si-O-Si). Silika gel mempunyai daya adsorpsi yang rendah terhadap Ni(II) yakni sebesar 32,89 $\mu\text{mol/g}$ [4], sehingga perlu dilakukan modifikasi pada permukaan silika gel sekam padi dengan gugus fungsional organik agar kemampuan adsorpsinya lebih besar.

Goswami, *et al.* (2003)[5] telah melakukan modifikasi silika gel dengan 3-amino propil trietoksi silan dan selanjutnya dimodifikasi dengan 8-hidroksiquinolin. Modifikasi silika dengan 8-hidroksiquinolin menjadikannya sebagai adsorben yang selektif terutama untuk mengadsorpsi ion-ion logam di lingkungan. Hal ini dikarenakan senyawa 8-hidroksiquinolin memiliki gugus fungsional berupa -OH fenolik dan N-heterosiklik aromatik, yang diprediksi dapat membentuk kelat dengan ion-ion logam. Adsorpsi Ni (II) oleh silika gel dari Merck yang dimodifikasi 8-hidroksiquinolin juga dilakukan Amaria dan Suyono (2010)[6]. Hasil penelitiannya menunjukkan adsorpsi maksimum pada pH 4 dan sebesar 76,5632%. Alsuhaime dan Mc.cready [7] juga melakukan modifikasi 8-hidroksiquinolin terhadap material silica (MESS-1). Adsorpsi MESS-1 terhadap Ni(II) terjadi secara maksimum pada pH 6 sebesar 70%.

Dalam penelitian ini dilakukan modifikasi gugus fungsional silika gel yang dibuat dari abu sekam padi dengan senyawa 8-hidroksiquinolin, sehingga diharapkan dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi silika gel sekam padi. Untuk pengujian kemampuan adsorpsinya dalam penelitian ini digunakan larutan Ni(II) sebagai limbah cair buatan dan percobaan dilakukan dalam skala laboratorium.

Berdasarkan KEP-51/MENLH/10/1995, limbah dari industri *electroplating*, sebelum dibuang ke lingkungan harus memenuhi baku mutu perairan, yaitu kadar maksimum Ni(II) sebesar 1 mg/L. Bahaya nikel jika melebihi ambang batas akan menyebabkan gangguan sistem pernafasan dan menurunkan kemampuan sel darah dalam mengikat

oksigen. Oleh karena itu untuk menguji kemampuan adsorpsi senyawa hibrida silika gel sekam padi hidroksiquinolin dalam penelitian ini digunakan larutan Ni(II) sebagai limbah cair buatan, dan parameter-parameter yang diukur adalah identifikasi gugus-gugus fungsional adsorben, penentuan daya adsorpsi adanya pengaruh pH medium dan kapasitas adsorpsi silika gel sekam padi hidroksiquinolin (SGSPHQ) terhadap Ni(II) dari berbagai konsentrasi awal.

METODE PENELITIAN

Alat

Spektrofotometer IR *Buck Scientific Inc.* 500, pH meter *EUTECH Instruments Ion* 510, Spektrofotometer Serapan Atom Perkin Elmer, pengocok type VXR, neraca analitik AR2130, sentrifuge *Centurion K* 60, pengaduk magnet, botol film, penggiling sekam (selep), tanur, oven, pompa vakum, cawan porselein, ayakan 200 dan 400 mesh; alu dan lumpang, labu leher tiga.

Bahan

Sekam padi, asam klorida 2 dan 6 M, natrium diamin tetra asetat 0,1 M, *buffer* sitrat, kertas Whatman 42, natrium hidroksida 3,5 M, indikator universal, etanol p.a, kloroform p.a, toluene p.a, dietil eter p.a, n-heksan p.a, dikloro metan, natrium sulfat anhidrat, 3-amino propil trietoksi silane, 8-hidroksiquinolin, nikel(II) sulfat heksa hidrat, *aquademineral*.

Cara Kerja

Pengabuan Sekam Padi

Sampel sekam padi dibersihkan dari kotoran, kemudian direndam dengan air panas selama 2 jam dan dikeringkan di bawah sinar matahari [9], lalu sekam padi yang sudah bersih dan kering dimasukkandalam cawan porselein lalu diabukan dalam tungku pengabuan (tanur) pada suhu 750 °C selama 4 jam, setelah itu abu sekam padi dihaluskan dan diayak dengan ayakan 200 mesh [10].

Pembuatan Natrium Silikat

Lima gram abu sekam padi yang sudah dicuci dengan HCl 6 M [1] dan Na₂EDTA 0,1 M [10], ditambah 30 mL larutan NaOH 3,5 M, lalu dipanaskan sambil diaduk dengan pengaduk magnet [10] dan dipasang *refluks*. Setelah 1 jam dipanaskan disaring dengan kertas saring Whatman 42 secara *vacuum* dan filtrat yang didapat adalah natrium silikat.

Pembuatan Silika Gel Sekam Padi

Lima belas mL larutan natrium silikat ditempatkan dalam gelas kimia dan diaduk dengan pengaduk magnet sambil ditambahkan 15 mL larutan HCl 2 M sampai terbentuk gel, kemudian disimpan selama 24 jam. Kemudian dicuci dengan aquademineral sampai netral dan dioven pada suhu 120 °C selama 48 jam [10]. Silika gel yang didapat dihaluskan dan diayak dengan ukuran 200-400 mesh.

Pembuatan 5-Formil-8-Hidroksiquinolin (FHQ)

Lima gram 8-hidroksiquinolin dimasukkan labu leher tiga, kemudian ditambahkan 20 mL etanol p.a, dan 12,5 mL larutan NaOH (20 gr NaOH dalam 25 mL), dan 5,5 mL kloroform tetes demi tetes dalam 1 jam, diaduk dengan magnetic stirrer pada suhu 40 °C selama 18 jam. Kelebihan etanol dan kloroform diuapkan. Endapan yang didapat dilarutkan dengan 250 mL *aquademineral* dan ditambahkan HCl 2 M sampai terbentuk endapan kuning kecoklatan. Endapan disaring dan dikeringkan pada suhu kamar di dalam eksikator. Selanjutnya dicuci dengan n-heksan dan dikeringkan pada suhu kamar dalam eksikator [5].

Modifikasi Silika Gel Sekam Padi dengan 5-Formil-8-Hidroksiquinolin

Silika gel sekam padi diambil 30 gram dimasukkan dalam labu erlenmeyer dan disuspensikan dalam 100 mL larutan (3-aminopropiltrietoksisilane dibuat dalam toluene kering (10% v/v) yang telah diberi Na₂SO₄ anhidrat). Campuran dikondisikan menggunakan refluks dan diaduk menggunakan pengaduk magnet selama 12 jam, lalu *slurry* disaring dan dihasilkan amino propil silika gel sekam padi (APSGSP) solid, kemudian dicuci dengan toluene, etanol, dietil eter lalu dikeringkan dan dihampakan pada suhu 100 °C selama 8 jam. APSGSP yang telah dihampakan, diambil 10 gram dan ditambah 15 gram FHQ, kemudian dilarutkan dalam 30 mL dietil eter anhidrat dan diaduk selama 12 jam, lalu disaring. Endapan dicuci dengan etanol, kemudian dipanaskan 77 °C dalam keadaan vakum selama 8 jam dan dihasilkan silika gel yang dimodifikasi hidroksiquinolin dan selanjutnya disingkat SGSPHQ [5].

Pengaruh pH

Pada percobaan pengaruh pH medium terhadap adsorpsi Ni(II) oleh SGSPHQ

dilakukan dengan menginteraksikan 20 mg adsorben dan 5 mg/L larutan Ni(II) sebanyak 25mL pada beberapa pH medium, yaitu pH 4, 5, 6, 7 dan 8. Pengkondisian pH ini digunakan buffer asam sitrat dan natrium sitrat. Campuran adsorben dan larutan Ni(II) dikocok dengan pengocok pada kecepatan 450 rpm selama 60 menit [11]. Filtrat dipisahkan dengan cara disentrifus. Untuk mengetahui konsentrasi Ni(II) yang tersisa di dalam filtrat kemudian diukur absorbansinya dengan alat Spektrofotometer Serapan Atom pada panjang gelombang 232 nm. Konsentrasi Ni(II) yang tersorpsi oleh adsorben dihitung dari perbedaan kadar Ni(II) awal yang diinteraksikan dengan adsorben dan kadar Ni(II) pada filtrat setelah berinteraksi, selanjutnya digunakan persamaan 1 [12]:

$$q = \frac{(C_0 - C_f) \cdot V}{M} \dots\dots\dots(1)$$

q adalah Ni(II) yang teradsorpsi (mg/g); C₀ dan C_f adalah konsentrasi awal dan akhir Ni(II) (mg/L), V adalah volume larutan (L) dan M adalah berat adsorben yang digunakan (g).

Penentuan Kapasitas Adsorpsi

Pada penentuan kapasitas adsorpsi SGSPHQ terhadap Ni(II) dilakukan dengan cara menginteraksikan 20 mg adsorben dengan 25 mL larutan Ni(II) pada berbagai konsentrasi, yaitu 1, 5, 10, 25, 50, 75, 100 dan 200 mg/L [6], yang dilakukan pada pH sesuai hasil percobaan pengaruh pH. Lalu campuran dikocok dengan pengocok pada kecepatan 450 rpm selama 60 menit [11], filtrat dipisahkan dengan sentrifus dan diukur absorbansinya dengan Spektrofotometer Serapan Atom pada panjang gelombang 232 nm untuk mengetahui konsentrasi Ni(II) sisa. Data diolah dengan persamaan 1 dan kapasitas adsorpsi ditentukan dengan dua model isoterm, yaitu Langmuir dan Freundlich. Model isotherm adsorpsi Langmuir dirumuskan seperti persamaan 2 [13].

$$\frac{C}{m} = \frac{1}{bK} + \frac{C}{b} \dots\dots\dots(2)$$

m adalah kadar Ni(II) yang teradsorpsi oleh adsorben dalam satuan mmol/g, C adalah konsentrasi Ni(II) pada keadaan setimbang (mg/L). Dengan memplotkan harga C/m terhadap C (konsentrasi Ni(II) pada saat setimbang) dapat ditarik garis lurus, sehingga dapat diperoleh harga tetapan kesetimbangan adsorpsi K (mol/L)⁻¹, dan kapasitas adsorpsi b

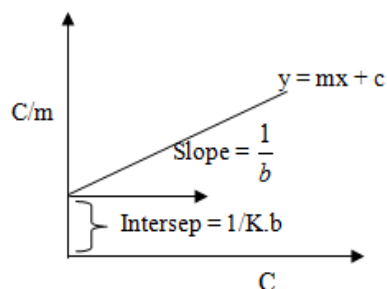
(mol/g) yang ditentukan dari intersep dan slope yang disajikan pada Gambar 1. Energi adsorpsi kemudian dihitung menurut persamaan 3 [14].

$$E = -\Delta G = RT \ln K \dots\dots\dots (3)$$

Model isoterm adsorpsi Freundlich dirumuskan dengan persamaan 4 [15].

$$\log m = \log B + 1/n \log C \dots\dots\dots (4)$$

dengan m adalah ion yang teradsorpsi per gram adsorben saat setimbang, B adalah kapasitas adsorpsi Freundlich, dan n adalah konstanta.



Gambar 1. Kurva Linieritas Adsorpsi Langmuir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Hibrida Amino Propil Silika Gel Sekam Padi (APSGSP)

Hasil modifikasi silika gel dengan aminopropiltrietoksisilan yang terlarut dalam toluene kering disajikan pada Tabel 1. Hibrida amino propil silika gel sekam padi (APSGSP) yang diperoleh berupa kristal berwarna putih.

Tabel 1. Hasil Pembuatan Hibrida Aminopropil Silika Gel

Pereaksi		Hasil reaksi	
Berat Silika gel Sekam Padi (g)	Volume Aminopropil trietoksisilan (mL)	Berat Hibrida Aminopropil Silika Gel (g)	% Rendemen
3	1	2,746	69,536
3	1	2,780	70,397

Pembuatan 5-formil-8-hidroksiquinolin

Hasil 5-formil-8-hidroksiquinolin (FHQ) yang dibuat dari pereaksi 8-hidroksiquinolin, NaOH, etanol dan kloroform disajikan dalam Tabel 2. Formil hidroksiquinolin yang didapat berupa endapan berwarna kuning kecoklatan.

Tabel 2. Hasil Pembuatan FHQ

Pereaksi				Hasil reaksi	
8-HQ (g)	NaOH (mL)	Etanol (mL)	CHCl ₃ (mL)	FHQ (g)	%
5	12,5	20	5,5	1,983	33,283
5	12,5	20	5,5	1,994	33,467
5	12,5	20	5,5	1,970	33,065

Pembuatan Hibrida Silika Gel Sekam Padi Hidroksiquinolin (SGSPHQ)

Hasil sintesis hibrida silika gel sekam padi hidroksiquinolin disajikan pada Tabel 3. Hibrida silika gel sekam padi yang dihasilkan berwarna coklat.

Tabel 3. Hasil Pembuatan Hibrida Silika Gel Sekam Padi Hidroksiquinolin

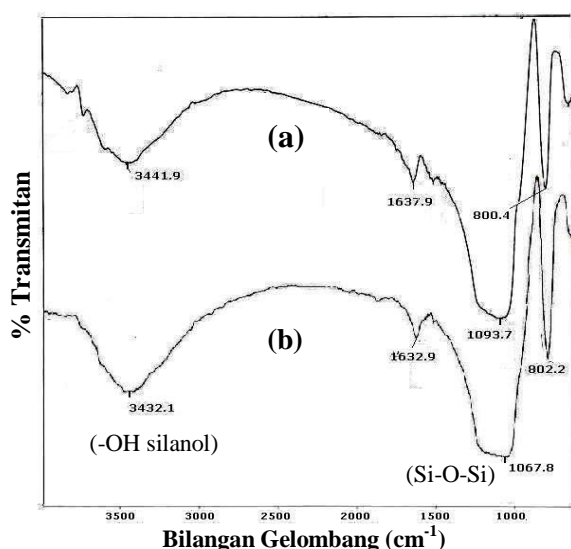
Pereaksi		Hasil reaksi	
FHQ (g)	APSGSP (g)	SGSPHQ (g)	%
3	2	4,015	80,30
3	2	4,003	80,06
3	2	3,924	78,48

Identifikasi Gugus Fungsional Silika Gel Sekam Padi

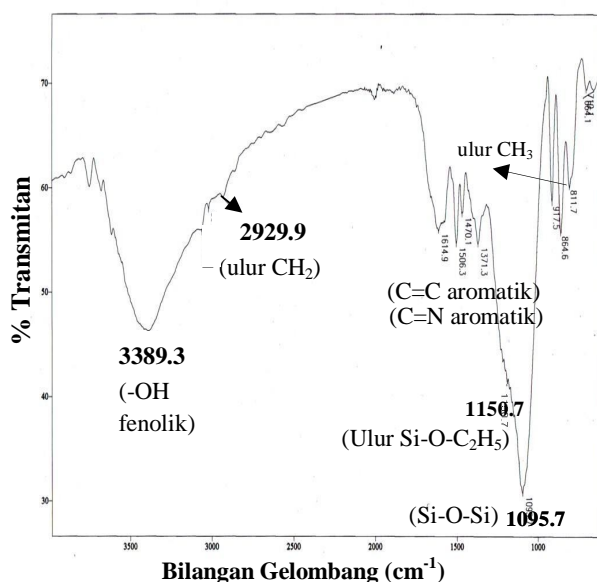
Pada Gambar 2 dapat dilihat terdapat serapan pada bilangan gelombang 3441,9 cm⁻¹ yang disebabkan adanya gugus -OH pada silanol Si-OH. Spektra IR tampak adanya gugus siloksan yang ditunjukkan pada bilangan gelombang 1093,7 cm⁻¹ yang disebabkan regang tak simetris Si-O-Si serta menunjukkan siloksan dengan rantai tak terhingga. Pada Gambar 1 juga disajikan perbandingan spektra silika gel sekam padi dan silika gel Merck. Dari gambar tersebut juga terdapat persamaan-persamaan gugus fungsional pada silika gel sekam padi dan silika gel Merck, sehingga dapat diketahui bahwa pada penelitian ini telah didapatkan silika gel dari abu sekam padi.

Identifikasi Gugus Fungsional Hibrida Silika Gel Sekam Padi Hidroksiquinolin

Pada Gambar 3 terdapat serapan 3389,3 cm⁻¹ dengan intensitas sedang disebabkan oleh gugus -OH fenolik yang berasal dari formil-8-hidroksiquinolin, serapan ini diperkuat oleh tiga pita serapan C=C aromatis pada daerah 1614,9; 1506; dan 1470 cm⁻¹ [16]. Serapan ini (1614,9-1470 cm⁻¹) dapat juga diidentifikasi sebagai vibrasi ulur -C=N cincin aromatik [17].



Gambar 2. Spektra Inframerah Silika Gel dari (a) Abu Sekam Padi; (b) Merck



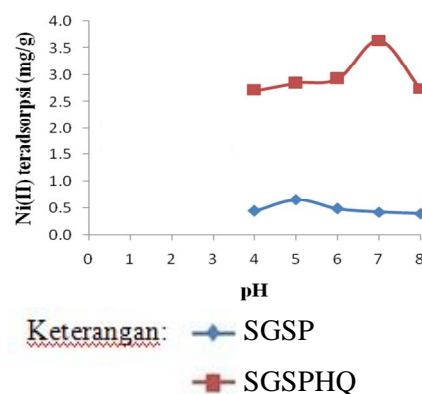
Gambar 3. Spektra Inframerah Hibrida Silika Gel Sekam Padi Hidroksiquinolin (SGSPHQ)

Adanya cincin benzena yang tersubstitusi para diperkuat oleh serapan pada bilangan gelombang 811,7 cm⁻¹ yang menunjukkan vibrasi tekuk C-H ke luar bidang. Gugus fungsional siloksan ditunjukkan pada bilangan gelombang 1095,7 cm⁻¹ yang disebabkan vibrasi ulur asimetris Si-O-Si [16]. Vibrasi ulur Si-O-C₂H₅ tampak pada bilangan gelombang 1150 cm⁻¹ yang diperkuat oleh serapan 917,5 cm⁻¹. Gugus alkana pada amino propil trietoksi silan tampak pada bilangan gelombang sekitar 2929,9 cm⁻¹ merupakan vibrasi ulur CH₂, serta diperkuat pada bilangan gelombang 1371,3 cm⁻¹ yang merupakan vibrasi tekuk CH₃. Serapan 1371,3 cm⁻¹ juga diidentifikasi gugus amina tersier

yang berupa ulur C=N dari aminopropil trietoksisilan [18].

Pengaruh pH medium

Adsorpsi Ni(II) oleh SGSPHQ terjadi maksimum pada pH 7 sebesar 3,6352 mg/g (58,1633%) dan SGSP terjadi pada pH 5 sebesar 0,6591 mg/g (10,5461%), ditunjukkan pada Gambar 4. Hasil adsorpsi Ni(II) oleh SGSPHQ pada pengaruh pH medium pada penelitian ini masih lebih kecil dari hasil penelitian Amaria dan Suyono (2010) [6] yaitu Ni(II) teradsorpsi sebanyak 76,5632 %. Hal ini dimungkinkan karena silika gel yang digunakan dalam penelitian ini dari sekam padi, yang belum diekstrak secara sempurna (dimungkinkan masih ada pengotor), sehingga pembentukan hibrida yang dibuat juga masih belum sempurna.



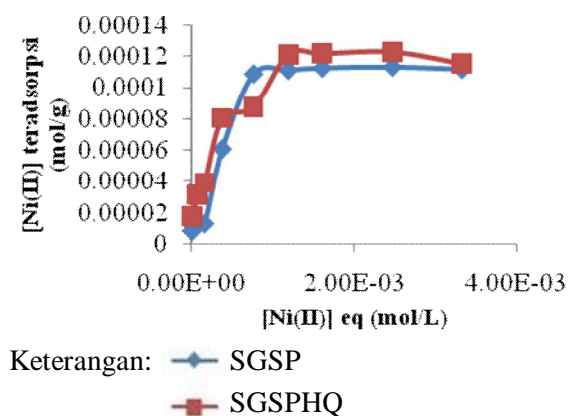
Gambar 4. Adsorpsi Ni(II) pada berbagai pH medium oleh Silika gel Sekam Padi dan Hibrida Silika Gel Sekam Padi Hidroksiquinolin (SGSPHQ)

Adsorpsi Ni(II) oleh SGSPHQ terjadi maksimum pada pH 7, hal ini dikarenakan pada kondisi ini di dalam larutan lebih banyak ion logam Ni(II) bebas, sementara pada permukaan adsorben SGSPHQ yang memiliki gugus fungsional -C-N dan OH- fenolik mengalami deprotonasi, menjadi bermuatan negatif sehingga terjadi gaya tarik menarik, akibatnya adsorpsi terjadi secara maksimum. Pada pH < 7, adsorpsi Ni(II) menurun, karena diperkirakan adsorben mengalami kerusakan pada struktur gugus *modifiernya* [5], gugus *modifier* larut pada kondisi yang terlalu asam. Pada pH > 7, adsorpsi SGSPHQ terhadap Ni(II) mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan Ni(II) pada pH di atas 7,5 berubah menjadi spesies Ni(OH)⁺ dan Ni(OH)₂ yang mulai mengendap [19], dan pada pH yang lebih

tinggi lagi permukaan adsorben menjadi bermuatan negatif dan spesies Ni(II) di dalam larutan menjadi $\text{Ni}(\text{OH})_4^{2-}$, maka akan terjadi tolak menolak dengan spesies logam yang bermuatan negatif [20].

Kapasitas Adsorpsi

Penentuan kapasitas adsorpsi SGSPHQ dan SGSP masing-masing dilakukan pada pH 7 dan 5 (berdasarkan hasil percobaan pengaruh pH medium) dengan waktu adsorpsi 60 menit. Hasil percobaan ini yang ditunjukkan pada Gambar 5. Dengan menggunakan persamaan 2 atau 3, parameter-parameter adsorpsi, seperti kapasitas adsorpsi, konstanta adsorpsi, disajikan di dalam Tabel 4. Berdasarkan data Tabel 4, dengan melihat indeks determinasi (R^2) menunjukkan bahwa model isotherm adsorpsi Ni(II) oleh SGSPHQ dan SGSP, keduanya mengikuti isotherm adsorpsi Langmuir. Menurut teori isotherm Langmuir, adsorpsi diperkirakan terjadi pada lapisan tunggal pada permukaan yang homogen [13].



Gambar 5. Kurva isotherm Langmuir adsorpsi SGSPHQ dan SGSP terhadap Ni(II)

Kapasitas adsorpsi SGSPHQ dan SGSP

Tabel 4. Parameter-parameter Adsorpsi SGSPHQ dan SGSP terhadap Ni(II)

Adsorben	Langmuir				Freundlich		
	b (10^{-4}) (mol/g)	K (mol/L) $^{-1}$	E (kJ/mol)	R^2	B (mol/g)	n	R^2
SGSP	1,2545	3488,95	20,41	0,979	4,0	1,82	0,939
SGSPHQ	1,3440	4381,62	20,98	0,981	1,2	2,80	0,962

pada Tabel 4 menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi SGSPHQ terhadap Ni(II) sebesar 1,0714 kali lipat jika dibandingkan dengan SGSP. Hal ini dikarenakan terdapat tambahan gugus-gugus aktif -OH fenolik dan N-heterosiklik aromatik pada permukaan adsorben sehingga dapat mengadsorpsi Ni(II) lebih besar.

Pada Tabel 4 dapat dilihat harga energi adsorpsi SGSPHQ dan SGSP terhadap Ni(II) masing-masing 20,98 kJ/mol dan 20,41 kJ/mol. Menurut Atkins (1999)[21], energi adsorpsi fisika melibatkan ikatan antar molekuler (misalnya ikatan hidrogen atau ikatan *Van der Waals*) berada sekitar 10-40 kJ/mol. Energi adsorpsi kimia melibatkan ikatan elektrostatis dan ikatan kovalen koordinasi dari penggunaan elektron bersama oleh adsorben dan adsorbat, nilai khususnya adalah > 40 kJ/mol. Berdasarkan harga energi adsorpsi, maka adsorpsi Ni(II) oleh SGSP dan SGSPHQ dalam penelitian ini merupakan adsorpsi fisika.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa spektra inframerah hibrida silika gel sekam padi hidroksiquinolin teridentifikasi beberapa daerah serapan karakteristik dengan bilangan gelombang $1095,7\text{ cm}^{-1}$; $3389,3\text{ cm}^{-1}$; $1614,9\text{ cm}^{-1}$; dan 1150 cm^{-1} , yang masing-masing menunjukkan gugus fungsional Si-O-Si, -OH fenolik, N-heterosiklik aromatik, dan Si-O-C₂H₅. Adsorpsi Ni(II) oleh SGSPHQ terjadi secara maksimum pada pH 7 sebesar 3,6352 mg/g, sedangkan oleh SGSP terjadi pada pH 5 sebesar 0,6591 mg/g. Kapasitas adsorpsi (b) SGSPHQ dan SGSP terhadap Ni(II) masing-masing sebesar $1,3440 \times 10^{-4}$ mol/g dan $1,2545 \times 10^{-4}$ mol/g, mengikuti isotherm adsorpsi Langmuir.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya haturkan kepada seluruh Bapak dan Ibu dosen yang telah membimbing peneliti dan para laboran karyawan di Jurusan Kimia FMIPA Unesa yang telah membantu peneliti dalam segala hal, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Harsono, Heru., 2002, Pembuatan Silika Amorf dari Limbah Sekam Padi, *Jurnal ILMU DASAR*, Vol. 3 No.2, 2002: 98-103.
2. Chou, K., Jyh-Chingtsai, Chien-Tsunglo., 2001, The Adsorption of Congo Red and Vacuum Pump Oil by Rice Hull Ash, *Departement of Chemical Engineering, National Tsing Hua University. Bioresource Technology* 78 (2001) 217 – 219, Taiwan.
3. Kalapathy, U., Proctor, A., and Shultz, J., 2002, An Improved Method For Production of Silica From Rice Hull Ash, *Bioresource Technology*. 85.285-289.
4. Dwi Rasy Mujiyanti, Nuryono, Eko Sri Kunarti., 2007, Multimetal Adsorption Ag(I), Pb(II), Cu(II), Cr(III), Ni(II) on Silica Immobilized With 3-(trimethoxysilyl)-1-Propanthiol, *International Conference On Chemical Sciences (ICCS-2007)*, Yogyakarta - Indonesia, 24-26 May, 2007.
5. Goswami, A., Singh, A. K., Venkataramani, B., 2003, 8-Hidroxyquinoline anchored to silica gel via new moderate size linker: synthesis and applications as ametal ion collector for their flame atomic absorption spectrometric determination, *Talanta* 60, 1141-1154.
6. Amaria dan Suyono, 2010, *Kajian Termodinamika dan Kinetika Proses Adsorpsi Ni(II) Pada Senyawa Hibrida Silika Hidroksiquinolin*, Lemlit Universitas Negeri Surabaya, Surabaya.
7. Alsuhaimi dan Mccready, 2012, Rapid Immobilisation of 8-hydroxyquinoline onto Silica Materials And Its Application for on-line Solid-Phase Extraction of Transition Metals from Environmental Samples Before ICP-OES Determination, *Global NEST Journal*, Vol 14, No 1, pp 55-65, 2012.
8. Anonim, Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri.
9. Pandiangan, K D., Irwan G S, Mita R, Sony W, Dian A, Syukri A, dan Novesar J., 2008, Karakteristik Keasaman Katalis Berbasis Silika Sekam Padi Yang Diperoleh Dengan Teknik Sol-Gel, *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II 2008 Universitas Lampung*, 17-18 November 2008.
10. Amaria, Rudiana Agustini, Mitarlis., 2008, *Pengembangan Material Berbasis Silika dari sekam Padi Sebagai Bahan Biomassa dan Aplikasinya Untuk Penghilangan Polutan Anorganik dan Organik*, Lembaga Penelitian, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya.
11. Yuliusman dan Ameria, 2009, Optimasi Metode Pengambilan Kembali Logam Nikel Dari Spent Catalyst NiO/Al₂O₃ Menggunakan Kitosan Dari Cangkang Rajungan Sebagai Adsorben, *Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Jakarta*.
12. Vijayaraghavan, K., Jegan, J.R., and Velan, M., 2004, Copper Removal from Aqueous Solution by Marine Green Alga *Ulva reticulate*, *Electronic Journal of Biotechnology*, 7.1, 61-71.
13. Oscik, J., 1982, *Adsorption*, Ellis Horwood Limited, England.
14. Jain, R, Mathur, M. and Sikawar Shalini, 2006, Removal of Indigocarmine from Industrial Effluent Using Low Cost Adsorbent, *Journal of Scientific and Industrial Research*, Vol 65, March, pp. 258-263.

15. Santosa, S.J., Siswanta, D., Kurniawan, A., Rahmanto, W.H., 2007, Hybrid of Chitin and Humic Acid as High Performance Sorbent for Ni(II), *Surface Science*.2007.04.163.
16. Sastroamidjojo, Hardjono, 1992, *Spektroskopi*, Liberty, Yogyakarta.
17. Silverstein, R.M., Bassler, G.C. and Morrill T.C., 1991, *Spectroscopic Identification of Organic Compounds fifth Edition*, John Wiley & Sons, Inc, New York.
18. Sujadi, M.S., 1983, *Penentuan Struktur Senyawa Organik*, Ghalia Indonesia, Bandung.
19. Plyasunova, Natalia., Yu Zhang., Muhamed, Mamoun., 1997, Critical Evaluation of Thermodynamics of Complex Formation of Metal Ions in Aqueous Solutions. IV. Hydrolysis and Hydroxo-complexes of Ni^{2+} at 298,15 K, *Department of Materials Chemistry, Sweden*.
20. Minear, R.A. and Keith, L.H., 1982, *Water Analysis*, Volume 1, Inorganic Species, Part1, Academic Press, Inc. New York.
21. Atkins, P. W., 1999, *Kimia Fisika Jilid 2*, Edisi keempat, Erlangga, Jakarta.